

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Návrh na ověření vlastností svarových spojů
používaných v jaderné energetice**

**Verification Project of Weld Joint Properties
Used in Nuclear Energy Industry**

Student:

Machač Miroslav

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne:

.....
Machač Miroslav

Prohlašuji, že

- Byl jsem seznámen s tím, že na mojí bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářská práce nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne:

.....

Machač Miroslav

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Drahomíru Schwarzovi, CSc. za trpělivost, podnětné rady a odborné vedení při zpracování bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Machač, Miroslav. *Návrh na ověření svarových spojů používaných v jaderné energetice*. Vedoucí práce doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc. Bakalářská práce. Ostrava: katedra Mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008. 44s.

Bakalářská práce je zaměřena na zpracování norem a předpisů charakterizující dokumentaci výrobních a montážních svarů pro svařování jaderných zařízení podle současných evropských a ruských předpisů a norem. Další část této práce je zaměřena na rozbor oprav svarových spojů, jejich hodnocení a kritéria pro odstranění těchto poruch. Závěrem této práce je jednoduché srovnání příslušných předpisů a norem, které se využívají při svařování zařízení v jaderné energetice.

ANNOTATION OF BACHELOR'S WORK

Machač, Miroslav. *Verification Projekt of Weld Joint Properties Used in Nuclear Energy Industry*. Leader of work doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc. Bachelor work. Ostrava: Department of mechanical technology, Faculty of civil engineering VŠB – TU Ostrava, 2008. 44p.

Bachelor work is specialized on processing norms and rules describing documentation production and assemblies welds for welding nuclear appliances by contemporary European and Russian rules and norms. Next part those work is specialized on analysis corrections weld metal connections, their evaluation and criteria for remove these disorders. In fine those work is simple comparison appropriate rules and norms that the use from at welding appliances in nuclear energetics.

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ	9
1 ÚVOD	10
2 KLASIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ U JADERNÝCH ZAŘÍZENÍ	11
2.1 KVALIFIKACE WPS ZÁKLADNÍCH SVAROVÝCH SPOJŮ	12
2.2 KVALIFIKACE WPS ZVLÁŠTNÍCH SVAROVÝCH SPOJŮ	12
2.3 KVALIFIKACE WPS NA NAVAŘOVÁNÍ	12
2.3.1 ZHOTOVENÍ KVALIFIKAČNÍHO NÁVARU	13
2.3.2 ZKOUŠKY KVALIFIKAČNÍHO NÁVARU	13
2.3.3 ROZSAH PLATNOSTI.....	14
2.4 KVALIFIKACE WPS OPRAV SVAROVÝCH SPOJŮ A NÁVARŮ	15
2.4.1 OPRAVY VADNÝCH SVAROVÝCH PLOCH	15
2.4.2 OPRAVY VADNÝCH VÝROBNÍCH, MONTÁŽNÍCH SVÁRŮ A NÁVARŮ.....	15
2.4.3 OPRAVY PROVOZOVANÝCH ZAŘÍZENÍ.....	20
2.5 KVALIFIKACE WPS SVAROVÝCH SPOJŮ DOČASNÝCH A POMOCNÝCH PRVKŮ	21
2.6 KVALIFIKACE TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU SVAŘOVÁNÍ JZ.....	22
3 STANOVENÍ A KVALIFIKACE POSTUPŮ SVAŘOVÁNÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ-ZKOUŠKA POSTUPU SVAŘOVÁNÍ.ČÁST 1: OBLOUKOVÉ A PLAMENOVÉ SVAŘOVÁNÍ OCELI A OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ NIKLU A SLITIN NIKLU	23
3.1 TVARY A MINIMÁLNÍ ROZMĚRY ZKUŠEBNÍHO KUSU	23
3.1.1 TUPÝ SPOJ NA PLECHU S PLNÝM PRŮVAREM.....	23
3.1.2 TUPÝ SPOJ NA TRUBCE S PLNÝM PRŮVAREM.....	23
3.1.3 T - SPOJ	23
3.1.4 PŘÍPOJ ODBOČKY.....	24
3.2 KONTROLA A ZKOUŠENÍ	24
3.2.1 TABULKA KONTROLY A ZKOUŠENÍ ZKUŠEBNÍCH KUSŮ	24
3.3 UMÍSTĚNÍ A ODBĚR ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	27
3.3.1 PRO TUPÝ SPOJ NA PLECHU	27
3.3.2 PRO TUPÝ SPOJ NA TRUBCE.....	27
3.3.3 PRO T-SPOJ.....	27

3.3.4 PRO PŘÍPOJ ODBOČKY NEBO PRO KOUTOVÝ SVAR NA TRUBCE	27
3.4 ROZSAH KVALIFIKACE PRO TLOUŠTKY MATERIÁLŮ, PRŮMĚRY TRUBEK A PŘÍPOJE ODBOČEK.....	27
3.4.1 ROZSAH KVALIFIKACE PRO TLOUŠTKU MATERIÁLU TUPÝCH SVARŮ A TLOUŠTKU NAVAŘENÉHO SVARU	28
3.4.2 ROZSAH KVALIFIKACE PRO TLOUŠTKU MATERIÁLU A VELIKOST U KOUTOVÝCH SVARŮ	28
3.4.3 ROZSAH KVALIFIKACE PRO PRŮMĚR TRUBEK A PŘÍPOJŮ ODBOČKY	28
4 POŽADAVKY NA PROVÁDĚCÍ DOKUMENTACI PRO MONTÁŽNÍ SVAŘOVÁNÍ POTRUBÍ ELEKTRÁREN TYPU – VVER 440	29
4.1 ZKOUŠKA PEVNOSTI.....	31
4.2 ZKOUŠKA TĚSNOSTI	32
4.3 LABORATORNÍ ZKOUŠKY	33
4.3.1 KRITÉRIA HODNOCENÍ NĚKTERÝCH VAD POVRCHU MONTÁŽNÍCH SVAROVÝCH SPOJŮ POTRUBÍ.....	33
4.3.2-3-4 KRITÉRIA HODNOCENÍ VNITŘNÍCH OBJEMOVÝCH VAD MONTÁŽNÍCH SVAROVÝCH SPOJŮ POTRUBÍ KATEGORIE I, II, III	34
4.3.5 RADIOKATIVNÍ IZOTOPY DOPORUČENÉ JAKO VHODNÉ ZDROJE PRO PROZAŘOVÁNÍ ..	36
5 ÚPRAVA A OPRAVA SVARŮ U ELEKTRÁREN TYPU – VVER 440	38
5.1 ZNAČENÍ, EVIDENCE A DOKUMENTACE SVARŮ	39
5.2 ZKOUŠKA POVRCHU SVARU NA POVRCHOVÉ NECELISTVOSTI	40
6 SROVNÁNÍ HODNOCENÍ SVAROVÝCH SPOJŮ V JADERNÉ ENERGETICE PODLE PLATNÝCH EVROPSKÝCH A RUSKÝCH PŘEDPISŮ A NOREM	41
6.1 POŽADAVKY NA DOKUMENTACI VÝROBNÍCH A MONTÁŽNÍCH SVARŮ DLE ČSN EN ISO A TPE.....	41
6.2 KVALIFIKACE OPRAV SVAROVÝCH SPOJŮ A NÁVARŮ DLE NTD A TPE.....	41
7 ZÁVĚR.....	42
8 POUŽITÁ LITERATURA	43
SEZNAM PŘÍLOH	44

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

ZNAČKA	VÝZNAM	JEDNOTKA
U	Napětí	[V]
I	Proud	[A]
v	Svařovací rychlost	[mm.s ⁻¹]
WPQR	Protokol o kvalifikaci postupu svařování	[-]
WPAR	Protokol o schválení postupu svařování	[-]
pWPS	Předběžná specifikace postupu svařování	[-]
WPS	Specifikace postupu svařování	[-]
A.S.I.	Asociace strojních inženýrů České republiky; Technická 4; 166 07 PRAHA 6	[-]
MIG	Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu	[-]
MAG	Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu	[-]
TIG (WIG)	Obloukové svařování netavící se (Wolframovou) elektrodou v inertním plynu	[-]
MKK	mezikrystalová koroze	[-]
JZ	Jaderné zařízení	[-]
TP	Technologický postup	[-]
BT	Bezpečnostní třída	[-]
AO	Autorizovaná osoba	[-]
PA	Poloha svařování (Vodorovná shora)	[-]
PC	Poloha svařování (Vodorovná)	[-]
ČSKAE	Československá komise pro atomovou energii	[-]
EGP	Zkratka z Národnej bezpečnosti SR o stave radiačnej a jadrovej bezpečnosti: Energoprojekt Praha	[-]
VÚZ	Výskumný ústav zvaračský	[-]
SVÚM	Státní výzkumný ústav materiálů	[-]
VVER	Vodo- vodní energetický reaktor	[-]

1 ÚVOD

V současné době je pro určování důležité vlastnosti kovů, kterou je jejich svařitelnost, často využíváno výpočetní techniky. Tato technika pracuje na základě výpočetních metod s praktickým použitím jednotlivých zkoušek svarových spojů. Tyto zkoušky, které jsou prováděny na reálných svarových spojkách, jsou důležité zejména k zaznamenání údajů, které vypovídají o hodnotě daného svarového spoje.

Pro ověření vlastností svarových spojů je v praxi využíváno mnoho nedestruktivních i destruktivních metod. Tyto metody slouží zejména pro jasné určení vlastností, které jsou např. houževnatost nebo tvrdost svarového spojení. Dále pak také slouží k snadnému určení jednotlivých vad ve svarech, které mohou negativně ovlivnit pevnost, nebo těsnost svarového spojení.

Tedy to, jakým způsobem bude daný svarový spoj hodnocen, závisí zejména na jeho použití a funkci, kterou bude vykonávat. Jinak bude hodnocen svarový spoj u JZ a jinak u svařovaných konstrukcí. Před samotným svařováním je nutné stanovit platný postup svařování, který musí být vyhotoven podle platných podmínek dle ČSN EN nebo podle daných zahraničních norem. To jakým způsobem budeme tyto svarové spoje kontrolovat a hodnotit určuje prováděcí předpis, kterým se musí kontrola řídit. Veškeré parametry provádění těchto zkoušek jsou uváděny v národních, evropských nebo mezinárodních technických normách.

Tato bakalářská práce uvádí informace o jednotlivých dokumentech, které jsou určující pro hodnocení svarového spojení v jaderné energetice a jejich vzájemné srovnání s jinými předpisy a dokumenty používané v zahraničí. Dále jsou zde uvedeny některé typy zkoušek destruktivních a nedestruktivních, které se využívají pro hodnocení svarových spojů v jaderné energetice.

Cílem bakalářské práce je shrnout jednotlivé dokumenty, jejich prováděcí předpisy pro hodnocení svarových spojů v jaderné energetice a rozebrat, jakým způsobem jsou zkoušeny jednotlivé typy svarových spojů a podle kterých pravidel se řídí opravy vadných svarových spojení podle evropských a zahraničních norem v jaderné energetice.

2 Klasifikace postupu svařování u JZ

Vyráběné svarové spoje u JZ musí být provedeny podle WPS, které se provádí podle ČSN EN ISO 15614-1, 15614-2 a ČSN EN ISO 15613. Požadavky rozsáhlejší než rozsah uvedených norem může stanovit pouze projektant JZ. Jestliže svarový spoj není hodnocen jako základní svarový spoj a není jej možno kvalifikovat podle ČSN EN ISO 15614-1, je nutno provést WPS pro zvláštní svarové spoje podle dalších postupů.

Platnost WPS je závislá na platnosti normy ČSN EN ISO 15614-1, jestliže existují dokumenty WPS, jejichž datum platnosti je starší nežli datum platnosti uvedené normy a byli vyhotoveny podle WPAR podle ČSN EN 288-3 jsou platné beze změn. Jestliže jsou WPS zpracovávány podle původních WPAR, je nutno u proměnných hodnot dodržet normu ČSN EN ISO 15614-1. Tento dokument WPS prováděný podle původní WPAR musí být navíc doplněn min. zkouškou lámavosti podle ČSN EN ISO 15614-1. Jestliže nejsou tyto podmínky dodrženy, je nutno provést novou kvalifikaci postupu svařování. Další podmínkou je uvádět údaje o jednotlivých vrstvách housenek pro různé technologie svařování. Další důležitý údaj schvalovacího procesu je monitorování množství vneseného tepla do svarového spoje.

Při svařování tlakových zařízení spadající do vyhlášky č.309/2005 Sb. provádí schvalovací postup vždy autorizovaná osoba, ta musí dodržet tyto min. požadavky:

- a) Každý spoj musí být dle ČSN EN ISO ověřen zkušebním svarovým spojem. Autorizovaná osoba dohlíží nad prováděním zkušebního svaru a má možnost na svou odpovědnost nechat provést svarový spoj pod dozorem uznaného svařovacího dozoru výrobce s dohledem a potvrzením záznamu o průběhu svařování uznanou akreditovanou expertní organizací.
- b) Zkušební sváry ověřovaného postupu musí vyhovět normám ČSN EN ISO, autorizovaná osoba provádí ohled.
- c) Schválení postupu svařování provádí autorizovaná osoba.

2.1 Kvalifikace WPS základních svarových spojů

Základní svarové spoje jsou definovány v ČSN EN ISO 15614-1, jejíž rozbor je věnován v další kapitole této práce. Kvalifikace těchto spojů se provádí v rozsahu výše uvedené normy. Počet a velikost vzorků musí být zohledněny v případě dalších požadavků projektanta JZ a musí projít patřičnou zkouškou kvality.

2.2 Kvalifikace WPS zvláštních svarových spojů

Jestliže normalizované zkušební kusy odpovídajícím způsobem nerepresentují spoj, který má být svařován provádí se kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky svařování. Normalizované zkušební kusy musí spadat do normy ČSN EN ISO 15614-1. V těchto případech může být vyrobeno i více zkušebních kusů, aby reprezentovaly obraz výrobního spoje ve všech jeho podstatných znacích. Tyto znaky jsou zejména rozměry, namáhání a odvod tepla. Zkoušky se pak v tomto případě provádí podle EN ISO 15614. Větší rozsah zkoušení takového spoje může stanovit pouze projektant JZ.

Pro platnost WPS zvláštních svarových spojů platí ustanovení ČSN EN ISO 15613.

2.3 Kvalifikace WPS na navařování

Jestliže jsou prováděny antikorozní návary a tvrdonávary řídí se kvalifikace WPS podle ISO/DIS 15614-7.

V normě EN ISO 4063 jsou definované technologie navařování, které lze využít k tomuto účelu:

- a) 111- ruční navařování obalenou elektrodou
- b) 141, 131, 135 – ruční navařování metodou TIG, MIG/MAG
- c) 121, 122 – navařování automatem pod tavidlem (drátem nebo pásovou elektrodou)
- d) Elektrostruskové navařování pásovou elektrodou

2.3.1 Zhotovení kvalifikačního návaru:

- a) Kvalifikační návar včetně tepelného zpracování musí být zhotoven v souladu s pWPS podle ISO/DIS 15614-7.
- b) Jestliže je použit předehřev základního materiálu musí být dodržena alespoň minimální předepsaná teplota v předepsaném rozmezí v průběhu navařování. Jestliže je předepsána mezihousesnková teplota (teplota interpass), musí být v průběhu navařování udržována teplota pod předepsanou hodnotu.
- c) V průběhu kvalifikace musí být sledovány a zaznamenávány:
 - **U, I**, u ručních metod navařování.
 - **U, I, v**, u automatových metod navařování.
 - Druh a průtok ochranného plynu, u navařování technologiemi **MIG/MAG** a **TIG**.
 - Parametry pulzního režimu, u navařování pulzním proudem.
 - Tepelný příkon.
 - Teplota předehřevu, dohřevu.
 - Interpass a režim tepelného zpracování, u všech metod navařování, jsou li předepsány pWPS.

2.3.2 Zkoušky kvalifikačního návaru:

Prováděné zkoušky jsou nedestruktivní a destruktivní.

- a) Nedestruktivní zkoušky:
 - Kvalifikační návar musí být po celé jeho ploše podroben všem nedestruktivním zkouškám předepsaným pro příslušný návar podle ISO/DIS 15614-7.
- b) Destruktivní zkoušky:
 - Kvalifikační návar musí být podroben všem destruktivním zkouškám uvedených v normě ISO/DIS 15614-7. V případě potřeby stanoví možnost použití jiných zkoušek, které neuvádí výše uvedená norma pouze projektant JZ.
 - U antikorozních návarů je předepsána navíc zkouška odolnosti proti MKK, která se provede podle metody a normy ČSN EN ISO 3651-2.

- Stanovení obsahu δ feritu v austenitickém návaru se provede podle normy ČSN EN ISO 8249. Požadovaný obsah δ feritu je určen původní technickou dokumentací nebo specifikací nového JZ.

2.3.3 Rozsah platnosti:

Platnost kvalifikace WPS navařování je následující:

a) Vztah k výrobcí

- podle ISO/DIS 15614-7

b) Vztah k základnímu materiálu

- podle ISO/DIS 15614-7
- k tloušťce základního materiálu podle ISO/DIS 15614-7
- k tvaru podle ISO/DIS 15614-7
- k polotovaru: - kvalifikace na válcovaném základním materiálu - pro válcovaný
 - pro kovaný
- kvalifikace na kovaném základním materiálu - pro válcovaný
 - pro kovaný
- kvalifikace na odlévaném základním materiálu - pro odlévaný

c) Vztah k přídatnému materiálu

- podle ISO/DIS 15614-7

d) Vztah k metodě navařování

- podle ISO/DIS 15614-7
- k počtu vrstev podle ISO/DIS 15614-7
- k tloušťce návaru podle ISO/DIS 15614-7
- k technickým charakteristikám procesu navařování - poloha navařování
 - typ proudu
 - tepelný příkon
 - teplota přehřevu
 - teplota interpass
 - tepelné zpracování
 - zvláštnosti metod

navařování podle ISO/DIS 15614-7

2.4 Kvalifikace WPS oprav svarových spojů a návarů

Opravy svařováním:

Opravami svařováním se rozumí, (opravy vadných svarových ploch připravených dílu, opravy vadných svarů v etapě výroby a montáže, opravy vadných částí - nejčastěji svaru - provozovaných zařízení a potrubí).

2.4.1 Opravy vadných svarových ploch:

Po odstranění nepřístupných vad a defektů, které odstraníme mechanicky nebo kombinovaně tepelně a mechanicky následuje kontrola úplnosti jejich odstranění. Poté je oprava svarové plochy provedena v souladu s WPS příslušného budoucího sváru resp. jeho opravy. Po opravě svarové plochy následuje vizuální kontrola a některá z kontroly celistvosti:

- magnetická kontrola u uhlíkových a nízkolegovaných ocelí
- kapilární kontrola u austenitických ocelí
- ultrazvuková kontrola při tloušťce svarového kovu opravy větší než 8 mm

V záznamu o neshodě musí být uvedeny umístění, rozměry opravovaného úseku a dále pak v dokumentaci provedení skutečného svarového spoje.

2.4.2 Opravy vadných výrobních, montážních svarů a návarů:

Jestliže byla použita jiná metoda a postup, než kterým byl proveden původní svár, je zapotřebí mít kvalifikovanou WPS pro příslušný základní materiál, metodu, přídavný materiál, tloušťku, polohu atd.

Postup opravy musí obsahovat:

1) Způsob odstranění vadných úseku svaru

- Mechanický způsob (např. vybroušení). Touto metodou nesmí dojít k lokálnímu přehřátí materiálu a jeho okolí (náběhové barvy).
- Drážkování elektrickým obloukem nebo plazmou, které je povoleno pouze u ocelí skupin 1 až 7 podle normy ČSN ISO 15608:2005 (ČSN 05 0323). Po této úpravě je nezbytně nutné dokončení mechanickým způsobem, abychom odstranily stopy po drážkování a odstranění drážkováním tepelně ovlivněné oblasti:
 - do hloubky min. 1 mm u součástí vyrobených z ocelí skupiny 1,
 - do hloubky min. 2 mm u součástí vyrobených z ocelí skupin 2 až 7.

Jestliže je nutné odstranit celý svar např. při jeho nevyhovující kvalitě, při změnách projektu, nebo rekonstrukcích popř. kolizích musí být minimální délka vsazované trubky L stanovena následovně:

$$L \geq 5\sqrt{R \cdot s} \quad \text{pro } R \geq 50 \text{ mm} \quad R \dots \text{vnitřní poloměr trubky v mm}$$

$$L \geq 100 \quad \text{pro } R < 50 \text{ mm} \quad s \dots \text{tloušťka stěny trubky v mm}$$

Dva nové svarové spoje provedené podle WPS schválené pro svařování daného potrubí na montáži nebo ve výrobě se nepovažují za opravované.

Pokud tvar JZ neumožňuje řešit výměnu celého svaru tímto způsobem, je nutné řešit danou opravu individuálně s využitím platných ČSN, ČSN EN a ČSN EN ISO norem včetně schválení nové WPS a vypracování a schválení dokumentace této opravy.

2) Způsob čištění

3) Kontrola kvality připravených úseků včetně rozsahu, metody a kritérií (např. vizuální kontrola, kapilární kontrola, magnetická kontrola aj.)

4) Způsob provedení svaru

- Podle schválené WPS, kterou byl proveden svar původní
- V případě nemožnosti provedení shodnou metodou je nutno aplikovat některou z metod ručního nebo poloautomatického svařování. V tomto případě je nutno mít schválenou WPS pro metodu, použitou pro opravu (vč. tepelného režimu svařování, kvalifikace svářeče apod.).

5) Rozsah metody a kritéria kvality pro kontrolu opravených úseků svaru

- Kontroluje se všemi metodami, které jsou předepsané pro výrobní nebo montážní svar a to v rozsahu 100% délek opravených úseků.

6) Postup v případě opakovaného zjištění nepřípustných vad

V případě neúspěšné opravy vadného svaru musí postup opakované opravy konkrétního svaru JZ obsahovat:

- algoritmus zjišťování příčin opakování vad (limitní vlastnosti základního materiálu, nevhodné či limitní vlastnosti přídavného materiálu, nevhodný režim svařování příslušného spoje, vliv svářeče nebo postupu svařování, klimatické vlivy apod.)
- posouzení možného lokálního poškození materiálu v důsledku předchozího svařování a neúspěšné opravy
- posouzení potřeby konzultace s expertní organizací
- event. konzultace s expertní organizací
- návrh postupu opakované opravy vady (způsob a rozsah odstranění vady, přídavný materiál, tepelný režim, postup svařování aj.)
- ověření postupu na speciálním vzorku vč. kontrol kvality (vzorek svarového spoje se simulovanou neúspěšnou opravou, připravený dle návrhu postupu opakované opravy)
- ebeny. korekce návrhu opakované opravy a schválení postupu opravy, event. nové WPS opravy.

Postup první a druhé opravy může předepsat a dozorovat svářečský dozor výrobce v souladu s uvedenou tabulkou.

Základní kvalifikace svářečského dozoru [2]:

Tabulka 2.4.2.

Základní kvalifikace	BT1				BT2				BT3			
	písmeno a), b)				písmeno c), e)				-			
	<i>V,M</i>		<i>OP</i>		<i>V,M</i>		<i>OP</i>		<i>V,M</i>		<i>OP</i>	
	T P	D	T P	D	T P	D	T P	D	T P	D	T P	D
Svářečský inženýr (inspektor)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Svářečský technolog (inspektor)	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Svářečský specialista	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-

Zkratky v tabulce:

V, M ... výroba a montáž

TP ... technologická příprava

OP ... opravy v provozu

D ... dozor při svařování

V případě nutnosti třetí opravy svaru v opravovaném úseku je vždy nutno vyžádat a doložit stanovisko expertní organizace a kvalifikovaného inspektora držitele povolení. Za opravovaný úsek se považuje pravoúhelník ABCD opsaný okolo opravovaného místa podle obr.1 viz. příloha.

Opravy vad výrobních, event. montážních svárů je nutno přednostně provést před závěrečným tepelným zpracováním, je-li předepsáno. V situaci, kdy je potřeba provést opravu svaru po závěrečném tepelném zpracování, je nutno zpracovat novou WPS a TP svařování opravy, pokud tato eventualita již není součástí TP svařování JZ. Oprava svaru musí být řádně zdokumentována.

Dokumentace výrobních a montážních svarů:

Dokumentace výrobních a montážních svarů dílů, částí a celků zařízení nebo potrubí musí splňovat požadavky identifikace dle ČSN EN ISO 3834 a musí obsahovat:

- příslušné specifikace svařovacích postupů (WPS)
- TP svařování s přiřazením příslušných WPS
- plán kontrol a zkoušek, je-li zvláštním dokumentem
- doklady použitých základních materiálů vč. atestů
- doklady použitých přídavných materiálů vč. atestů
- seznam svářečů/operátorů a jimi provedených svarů
- seznam personálu předehřevu, dohřevu a tepelného zpracování a jimi provedených svarů
- záznamové listy svarů
- skutečné umístění svarů (izometrická schémata potrubních tras aj.)
- záznamy předehřevu, dohřevu a tepelného zpracování
- protokoly kontrol kvality svarů
- snímky kontrol prozářením
- záznamy o neshodách
- záznamy o odstranění neshod vč. protokolů opakovaných kontrol kvality
- seznam pracovníků kontrol kvality
- seznam pracovníků svářečského dozoru

Originály veškeré výše uvedené dokumentace musí být v plném rozsahu bezpečně a spolehlivě archivovány u výrobce nebo montážní organizace po dobu životnosti JZ.

V případě vyžádání mohou být kopie úplné dokumentace nebo jejích částí předány od výrobce-subdodavatele výrobci- hlavnímu dodavateli nebo provozovateli a u nich archivovány souběžně.

2.4.3 Opravy provozovaných zařízení:

Algoritmus opravy:

V případě zjištění vady na provozovaném zařízení nebo potrubí je nutno postupovat následovně:

- nalezení příčiny vady a popsání vady (umístění, velikost, charakter apod.)
- posouzení změn charakteristik materiálu v důsledku provozu dle NTD A.S.I., Sekce II
- posouzení vlivu změn charakteristik materiálu a vlivu vady na zbytkovou životnost dle A.S.I., Sekce IV
 - při dalším provozu JZ s vadou
 - při dalším provozu JZ po opravě vady
- posouzení rizik dalšího provozu z hlediska technické a jaderné bezpečnosti
- rozhodnutí o odstávce nebo časově limitovaném provozu
- vypracování předběžného technického řešení opravy
- provedení simulované opravy na vzorku, je-li předepsán předběžným technickým řešením opravy
- provedení nedestruktivních a destruktivních zkoušek vzorku v rozsahu stanoveném předběžným technickým řešením opravy
- schválení závazného technického řešení opravy
- provedení opravy vady
- kontrola kvality opraveného úseku
- zpracování a archivace dokumentace opravy vady

Struktura technického řešení opravy:

Předběžné technické řešení musí obsahovat:

- závěr posouzení změn charakteristik materiálu s ohledem na svařitelnost
- závěr posouzení změn charakteristik materiálu a vlivu vady na zbytkovou životnost
- závěr posouzení rizik vč. rozhodnutí, zda je nutno či možno opravovat svařováním
- návrh technologického postupu opravy vady
- návrh metod, rozsahu a kritérií kvality opravených úseků

- event. návrh simulace opravy na vzorku vč. následných kontrol a zkoušek

Závazné technické řešení opravy musí obsahovat:

- závěr posouzení změn charakteristik materiálu s ohledem na svařitelnost
- závěr posouzení změn charakteristik materiálu a vlivu vady na zbytkovou životnost
- závěr posouzení rizik vč. rozhodnutí, zda je nutno či možno opravovat svařováním
- technologický postup opravy v rozsahu (opravy vadných výrobních a montážních svarů a návarů)
- časový plán opravy
- organizační plán opravy
- technické zabezpečení opravy
- personální zabezpečení opravy
- bezpečnostní opatření při opravě

Posouzení výše uvedených změn charakteristik materiálu, jejich důsledků a rizik zpracovává nebo ve spolupráci s expertní organizací připravuje držitel oprávnění.

Technologický postup opravy zpracovává svářečský dozor dodavatele s kvalifikací podle tabulky 2.4.2. Závazné technické řešení opravy včetně technologického postupu opravy schvaluje kvalifikovaný inspektor držitele povolení. V případě jednoduchých oprav při stavební údržbě, které nemají vliv na technickou a jadernou bezpečnost JZ může výše uvedené požadavky na algoritmus opravy redukovat držitel povolení.

2.5 Kvalifikace WPS svarových spojů dočasných a pomocných prvků

- a) Pro přivařování dočasných a pomocných prvků, musí být přednostně aplikovány svary, metody a postupy dle kvalifikovaných WPS schválených pro příslušnou komponentu JZ.

b) V případě odlišnosti svarových spojů dočasných a pomocných prvků od výrobních a montážních svarů dílů JZ je nutno WPS příslušného svarového spoje kvalifikovat na zkušebním svarovém spoji dle ČSN EN ISO 15614-1, avšak s následujícím omezeným rozsahem kontrol a zkoušek:

- vizuální zkouška
- kapilární zkouška
- ultrazvuková nebo radiografická zkouška
- makroskopická zkouška
- zkouška tvrdosti svarového spoje

Metodika a stupeň přípustnosti pro jednotlivé metody zkoušení musí být v souladu s požadavky ČSN EN 12062 a požadavky ČSN EN ISO 15614-1.

2.6 Kvalifikace technologického postupu svařování JZ

Technologický postup svařování slouží ke stanovení postupu technických operací a kroků a dalších podmínek k zajištění požadované kvality svařence jako celku.

Technologický postup svařování musí zejména obsahovat:

- soupis výchozí výrobní výkresové dokumentace příslušného svařence
- základní materiál nebo materiály
- přípravu svarových ploch
- příslušné WPS jednotlivých svarových spojů (vč. přídavných materiálů, tepelného režimu při svařování, kvalifikace svářečů a tepelného zpracování)
- svařovací zařízení, přípravky a polohovadla
- postup sestavení svařence
- postup stehování
- postup svařování
- opatření proti nepříznivým klimatickým vlivům (proti chladu, větru, dešti a jiným formám vlhkosti apod.)
- metody, rozsah a kritéria kontrol kvality před zahájením svařování, v průběhu svařování a po skončení svařování
- postup při opravě vad svařence
- bezpečnostní opatření

Technologický postup svařování je považován za kvalifikovaný pouze v případě, je-li pro JZ jednotlivých BT vypracován a podepsán svářečským dozorem v souladu s ČSN EN ISO 14731, nebo EN ISO 14731. Technologický postup svařování při výrobě zařízení podle vyhlášky č. 309/2005 Sb. schvaluje AO.

3 Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Zkouška postupu svařování. Část 1: Obloukové a plamenové svařování oceli a obloukové svařování niklu a slitin niklu

(dle ČSN EN ISO 15614-1)

Svarový spoj, na který se bude postup svařování ve výrobě vztahovat, musí být reprezentován zhotoveným normalizovaným zkušebním kusem nebo kusy. Délka a počet zkušebních kusů musí být dostačující, aby bylo možné provést všechny požadované zkoušky. Pro případné zvláštní a/nebo vzorky pro opakované zkoušení mohou být připraveny doplňující zkušební kusy nebo zkušební kusy s větší délkou, než je minimální rozměr. Pro všechny zkušební kusy, s výjimkou přípojů odboček a koutových svarů musí být pro svařované plechy/trubky, tloušťka základního materiálu „t” stejná. Pokud je výrobkovou normou požadována zkouška rázem v ohybu, s vrubem umístěným v tepelně ovlivněné oblasti (TOO), potom musí být na zkušebním kusu vyznačen směr válcování plechu. [3]

3.1 Tvary a minimální rozměry zkušebního kusu

3.1.1 Tupý spoj na plechu s plným průvarem

Zkušební kus musí být zhotoven dle předpisu normy podle obr.2 [3] této přílohy.

3.1.2 Tupý spoj na trubce s plným průvarem

Zkušební kus musí být zhotoven dle předpisu normy podle obr.3 [3] této přílohy.

3.1.3 T – spoj

Zkušební kus musí být zhotoven dle předpisu normy obr.4 [3] této přílohy.

3.1.4 Přípoj odbočky

Zkušební kus musí být zhotoven dle předpisu normy obr.5 [3] této přílohy.

Příprava a svařování zkušebních kusů musí být provedeny podle pWPS a za všeobecných podmínek svařování ve výrobě, které musí reprezentovat. Polohy svařování a meze pro úhel sklonu a otočení zkušebního kusu musí být podle EN ISO 6947. Pokud se u závěrečného spoje musí převařovat stehové svary, musí to být obsaženo i na zkušebním kusu. Svařování a zkoušení zkušebního kusu musí být osvědčeno zkušebním orgánem nebo zkušební organizací. [3]

3.2 Kontrola a zkoušení

3.2.1 Tabulka kontroly a zkoušení zkušebních kusů

Zkoušení zahrnuje nedestruktivní (NTD) tak destruktivní zkoušení, které musí vyhovovat požadavkům tabulky 3.2.1. [3]

Tabulka 3.2.1

Zkušební kus	Druh zkoušky	Rozsah zkoušení	Poznámka
Tupý spoj s plným průvarem – obr.2 a obr.3 této přílohy	Vizuální kontrola	100%	-
	Radiografická nebo ultrazvuková zkouška	100%	a
	Zkouška na povrchové trhliny	100%	b
	Příčná zkouška tahem	2 vzorky	-
	Příčná zkouška lámavosti	4 vzorky	c
	Zkouška rázem v ohybu	2 sady	d
	Zkouška tvrdosti	požadována	e
	Kontrola makrostruktury	1 vzorek	-
T-spoj s plným průvarem – obr.4 Přípoj odbočky s plným průvarem obr.5	Vizuální kontrola	100%	f
	Zkouška na povrchové trhliny	100%	^b a ^f
	Radiografická nebo ultrazvuková	100%	^{a, f} a ^g
	Zkouška tvrdosti	požadována	^e a ^f
Koutové svary – obr.4 a obr.5	Kontrola makrostruktury	2 vzorky	f
	Vizuální kontrola	100%	f
	Zkouška na povrchové trhliny	100%	^b a ^f
	Zkouška tvrdosti	požadována	^e a ^f
	Kontrola makrostruktury	2 vzorky	f

Legenda k tabulce 3.2.1 [3]:

a...Ultrazvuková zkouška nemusí být použita pro $t < 8$ mm a pro materiály skupin 8, 10, 41 až 48. [3]

b...Kapilární zkouška nebo magnetická prášková zkouška. Pro magnetické materiály kapilární zkouška. [3]

c...Pro zkoušky lámavosti. Zkušební vzorky a zkoušení při zkoušce lámavosti tupých spojů musí být podle EN 910.

Pro tloušťky < 12 mm musí být zkoušeny dvě zkušební tyče ze strany kořene a dvě z lícové strany. Pro tloušťky ≥ 12 mm je doporučeno provést zkoušku lámavosti na čtyřech zkušebních tyčích pro boční ohyb, místo zkoušek lámavosti ze strany kořene a z lícové strany.

Pro spoje různorodých materiálů nebo pro heterogenní tupý spoj na plechách mohou být použity, místo čtyř zkušebních tyčí pro příčnou zkoušku lámavosti, jedna zkušební tyč ze strany kořene a jedna zkušební tyč z lícové strany pro podélnou zkoušku lámavosti.

Průměr ohýbacího trnu nebo vnitřní kladky musí být $4t$ a úhel ohybu musí dosáhnout 180° pro základní materiál s tažností $A \geq 20\%$. Pro základní materiál s tažností $A < 20\%$ musí být použit následující vzorec:

$$d = \frac{(100 \times t_s)}{A} - t_s$$

Kde d je průměr trnu nebo vnitřního ohýbacího válečku;

t_s tloušťka tyče pro zkoušku lámavosti;

A minimální tažnost požadovaná materiálovou specifikací.

Během zkoušení se na tyčích nesmí objevit žádná jednotlivá vada, v jakémkoliv směru větší než 3 mm. Vady, které se objevily během zkoušení na hranách zkušební tyče, nesmí být při hodnocení brány v úvahu. [3]

d... Jedna sada ve svarovém kovu a jedna sada v tepelně ovlivněné oblasti (TOO) pro materiály s tloušťkou ≥ 12 mm, které mají stanoveny rázové vlastnosti.

Výrobkové normy mohou požadovat zkoušky rázem v ohybu při tloušťkách pod 12 mm. Zkušební teplota musí být určena výrobcem s ohledem na použití nebo

výrobkovou normu, ale nesmí být nižší než je stanovena pro základní materiál.

Pro dodatečné zkoušky:

Zkouška rázem v ohybu:

Umístění zkušebních tyčí a teplota zkoušení pro zkoušku rázem v ohybu musí být provedeny podle této normy a rozměry tyčí a zkoušení musí být provedeny podle EN 875.

Pro svarový kov musí být použity: zkušební tyč pro svarový kov typu VWT (V:Charpy V-vrub – W: vrub ve svarovém kovu – T: vrub napříč tloušťkou) a zkušební tyč pro tepelně ovlivněnou oblast typu VHT (V:Charpy V-vrub – H: vrub v tepelně ovlivněné oblasti – T: vrub napříč tloušťkou). Pro každé stanovené umístění musí každá sada obsahovat tři zkušební tyče.

Musí být použity zkušební tyče Charpy s V-vrubem napříč svarem, odebrané maximálně 2 mm pod povrchem základního materiálu.

Vrub umístěný v tepelně ovlivněné oblasti musí být 1 mm až 2 mm od hranice natavení a vrub umístěný ve svarovém kovu musí být v ose svaru.

Pro tloušťky > 50 mm musí být odebrány dvě doplňující sady tyčí. Jedna ze svarového kovu a jedna z tepelně ovlivněné oblasti ve středu tloušťky nebo v oblasti kořene svaru.

Pokud není nárazová práce blíže určena výrobkovou normou, musí být ve shodě s požadavkem příslušné normy pro základní materiál. Stanoveným požadavkům musí vyhovět průměrná hodnota ze tří tyčí. Pro každé umístění vrubu může být jedna jednotlivá hodnota nárazové práce pod minimální stanovenou průměrnou hodnotu za předpokladu, že není nižší než 70% této hodnoty.

Pro spoje různorodých materiálů musí být zkoušky rázem v ohybu provedeny na tyčích, umístěných v tepelně ovlivněné oblasti každého základního materiálu.

Pokud je postup s více metodami svařování kvalifikován jedním zkušebním kusem, musí být odebrány zkušební tyče pro zkoušku rázem v ohybu ze svarového kovu a z tepelně ovlivněné oblasti tak, aby obsahovaly každou metodu svařování. [3]

e...Není požadována pro základní materiály: podskupina 1.1 a skupiny 8, 41 až 48. [3]

f...Zkoušky neposkytují podrobné údaje o mechanických vlastnostech spoje. Kde jsou však tyto vlastnosti důležité pro použití, musí být získány doplňkovou kvalifikací, například kvalifikací tupého svaru. [3]

g...Pro vnější průměr ≤ 50 mm není ultrazvuková zkouška požadována. [3]

Pro vnější průměr > 50 mm a tam, kde není technicky možné provést ultrazvukovou zkoušku, musí být provedena radiografická zkouška za předpokladu, že takové uspořádání spoje poskytne smysluplné výsledky. [3]

3.3 Umístění a odběr zkušebních vzorků

3.3.1 Pro tupý spoj na plechu

Zkušební vzorek musí být umístěn dle předpisu normy podle obr.6 této přílohy.

[3]

3.3.2 Pro tupý spoj na trubce

Zkušební vzorek musí být umístěn dle předpisu normy podle obr.7 této přílohy.

[3]

3.3.3 Pro T – spoj

Zkušební vzorek musí být umístěn dle předpisu normy podle obr.8 této přílohy.

[3]

3.3.4 Pro přípoj odbočky nebo pro koutový svar na trubce

Zkušební vzorek musí být umístěn dle předpisu normy podle obr.9 této přílohy.

[3]

3.4 Rozsah kvalifikace pro tloušťky materiálů, průměry trubek a přípoje odboček

Kvalifikace zkoušky postupu svařování na tloušťce t zahrnuje kvalifikaci pro tloušťku v rozsahu, uvedeném v tabulce 3.4.1, 3.4.2. [3]

Pro přípoje odboček a koutové svary musí být rozsah kvalifikace určen pro oba použité základní materiály samostatně. Pokud je koutový svar kvalifikován tupým svarem, použije se tabulka 3.4.2. [3]

Kvalifikace zkouškou postupu svařování na průměru D musí zahrnovat kvalifikaci pro průměry v následujícím rozsahu podle tabulky 3.4.3. [3]

3.4.1 Rozsah kvalifikace pro tloušťku materiálu tupých svarů a tloušťku navařeného svaru

- Tabulka 3.4.1, rozměry v tabulce jsou uváděny v mm.

Tloušťka zkušebního kusu t	Rozsah kvalifikace	
	Jednou housenkou	Více housenek
$t \leq 3$	0,7t až 1,3t	0,7t až 2t
$3 < t \leq 12$	0,5t (3 min.) až 1,3t ^a	3 až 2t ^a
$12 < t \leq 100$	0,5t až 1,1t	0,5t až 2t
$t > 100$	Není použitelná	50 až 2t
a... Pokud nebyly prováděny žádné zkoušky rázem v ohybu a byly stanoveny požadavky na nárazovou práci, platí jako horní mez kvalifikace 12 mm.		

3.4.2 Rozsah kvalifikace pro tloušťku materiálu a velikost u koutových svarů

- Tabulka 3.4.2, rozměry v tabulce jsou uváděny v mm.

Tloušťka zkušebního kusu t	Rozsah kvalifikace		
	Tloušťka materiálu	Velikost koutového svaru	
		Jednou housenkou	Více housenkami
$t \leq 3$	0,7t až 2t	0,75a až 1,5a	Bez omezení
$3 < t < 30$	0,5t (3 min.) až 1,2t	0,75a až 1,5a	Bez omezení
$t \geq 30$	≥ 5	a	Bez omezení
POZNÁMKA 1 a je nejmenší nosný průřez svaru použitý na zkušebním kusu			
POZNÁMKA 2 Tam, kde je koutový svar kvalifikován zkouškou tupého svaru, vychází rozsah kvalifikace velikosti koutového svaru z tloušťky navařeného svarového kovu.			
^a pouze pro speciální použití. Každá velikost koutového svaru musí být zkoušena samostatně zkouškou postupu svařování.			

3.4.3 Rozsah kvalifikace pro průměr trubek a přípojů odbočky

Kvalifikace daná pro plechy zahrnuje také trubky, které mají vnější průměr > 500 mm nebo, které mají vnější průměr > 150 mm, při svařování v poloze s PA nebo PC s otáčením. [3]

- Tabulka 3.4.3, rozměry v tabulce jsou uváděny v mm.

Průměr zkušebního kusu D^a , mm	Rozsah kvalifikace
$D \leq 25$	0,5D až 2D
$D > 25$	$\geq 0,5D$ (25 mm min.)
POZNÁMKA Pro konstrukční duté profily je D rozměry kratší strany.	
^a D je vnější průměr trubky nebo vnější průměr trubky odbočky.	

4 Požadavky na prováděcí dokumentaci pro montážní svařování potrubí elektráren typu – VVER 440

Tyto technické podmínky (dále jen TPE) jsou plně v souladu se základními sovětskými předpisy AES, OP 1513 – 72, PK 1514 – 72 a všemi navazujícími normami a předpisy; pro účely provádění montážních svarů potrubí na stavbě elektrárny a jejich kontrolu, představují výňatek z těchto předpisů tak, aby nenarušily komplexní dodržení uvedených předpisů při montáži. Tyto TPE budou uplatňovány při montážním svařování technologického potrubí jaderné elektrárny typu VVER 440.

V dokumentaci pro montážní svařování potrubí musí být uvedeno:

- 1) pracovní látka, která bude protékat potrubím za provozu, její složení, aktivita a agresivita,
- 2) parametry pracovní látky (tlak, teplota),
- 3) druh (značka) a rozměr svarů,
- 4) materiál svařovaných dílů potrubí a přídatný materiál (značky),
- 5) technologický postup svařování, případně údaje v souvisejících normách a dílčích technických podmínkách pro svařování příslušného potrubí,

6) pracovní kategorie svarových spojů potrubí:

a) V návaznosti na provozních podmínkách potrubí a na možnostech jeho oprav jsou stanoveny tři kategorie svarových spojů:

- I. kategorie – svarové spoje potrubí, jímž proudí látky škodlivé pro obsluhující personál, a které po uvedení elektrárny do provozu je nepřístupné pro opravy,
- II. kategorie – svarové spoje potrubí, jímž proudí látky neškodné pro obsluhující personál, ale je nedostupné pro opravy za provozu elektrárny nebo svarové spoje potrubí, jímž proudí látky škodlivé pro obsluhující personál, ale je dostupné nebo omezeně dostupné pro opravy za provozu elektrárny,
- III. kategorie – svarové spoje potrubí, jímž proudí látky neškodné pro obsluhující personál a je dostupné pro opravy za provozu elektrárny.

b) V závislosti na pracovním tlaku látky v potrubí se kategorie svarových spojů dělí na skupiny:

- I. kategorie – má pouze jednu skupinu,
- II. kategorie – skupina A – svarové spoje potrubí, jímž proudí látka o přetlaku nad 5 MPa,
 - skupina B – svarové spoje potrubí, jímž proudí látka o přetlaku do 5 MPa a při podtlaku (ve vakuu),
- III. kategorie – skupina A – svarové spoje potrubí, jímž proudí látka o přetlaku nad 5 MPa,
 - skupina B – svarové spoje potrubí, jímž proudí látka o přetlaku nad 1,6 MPa do 5 MPa,
 - skupina C – svarové spoje potrubí, jímž proudí látka o přetlaku do 1,6 MPa a při podtlaku (ve vakuu).

7) Nová úprava TPE 10-40/1771/81: přiřazení druhu a rozsahu defektoskopických zkoušek v případech, kdy se tyto liší od základního předpisu daného kategorií potrubí viz. tabulka 4, a tabulka 4-I.

- Tabulka 4, Metody a rozsah kontroly svarových spojů korozivzdorných spojů korozivzdorných ocelí austenitické třídy:

Kategorie	I	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IIIC
Vnější prohlídka a měření	100	100	100	100	100	100
Zkouška povrchu svaru na povrchové necelistvosti	100	100	-	-	-	-
Zkouška prozářením	100	100	25	50	20	10
Zkouška ultrazvukem	-	-	-	-	-	-
Zkouška pevnosti	100%(viz.čl.4.1)					
Zkouška těsnosti	100%(viz.čl.4.2)					
Laboratorní zkouška	(viz.čl.4.3)					

- Tabulka 4-I, Metody a rozsah kontroly svarových spojů perlitických ocelí:

Kategorie	I	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IIIC
Vnější prohlídka a měření	100	100	100	100	100	100
Zkouška povrchu svaru na povrchové necelistvosti	100	100	50	-	-	-
Zkouška prozářením do tloušťky stěny 5,5 mm	100	100	50	50	25	5
Zkouška prozářením nad tloušťku stěny 5,5 mm	100	50	25	25	-	-
Zkouška ultrazvukem nad tloušťku stěny 5,5 mm	100	100	100	100	20	10
Zkouška pevnosti	100%(viz.čl.4.1)					
Zkouška těsnosti	100%(viz.čl.4.2)					
Laboratorní zkoušky	(viz.čl.4.3)					

4.1 Zkouška pevnosti:

Zkouška pevnosti prokazuje pevnost montážních svarů potrubí po dohotovení jeho uzavíratelné nebo jiným způsobem oddělené a uzavřené části. Provádí se zpravidla hydraulicky demineralizovanou vodou, případně pracovní látkou. Parametry zkušební látky při zkoušce pevnosti musí být předepsány v montážní dokumentaci potrubí, jejich určení je dáno těmito závislostmi:

1) Zkušební přetlak $P_z = 1,25 \frac{\sigma_{DZ}}{\sigma_{DP}} \cdot P_p$

σ_{DZ} - dovolené napětí materiálu při teplotě zkoušky (MPa)

σ_{DP} - dovolené napětí materiálu při provozní teplotě (MPa)

P_p - provozní přetlak pracovní látky v potrubí.

Při provozním přetlaku nižším než 0,5 MPa musí být zkušební přetlak $P_z = 1,5 P_p$, minimálně však 0,2 MPa. Při provozním přetlaku vyšším než 0,5 MPa nesmí být rozdíl $P_z - P_p$ menší než 0,3 MPa.

2) Zkušební teplota

Minimální teplota stěny potrubí při zkoušce nesmí klesnout pod hodnotu

$$t_{z \min.} = t_k + 30^\circ C.$$

t_k - kritická teplota křehkosti materiálu

3) Doba výdrže na zkušebním přetlaku je minimálně 10 minut její délka je závislá na čase potřebném ke kontrole všech zkoušených svarů.

4.2 Zkouška těsnosti:

Zkouška těsnosti prokazuje těsnost montážních svarů po dohotovení uzavíratelné, nebo jiným způsobem oddělené a uzavřené části potrubí. Provádí se zpravidla společně se zkouškou pevnosti, pozorováním průsaku zkušební látky na povrch svaru. Při vyšších nárocích na těsnost je zkouška prováděna samostatně po zkoušce pevnosti, metodami, kterými je možno prokázat požadovanou těsnost. V těchto případech musí být zkouška těsnosti, druh a kritéria vyhodnocení, předepsána v projektu a montážních výkresech potrubí. Samostatná zkouška těsnosti heliem se předepisuje u montážních svarů potrubí do tloušťky stěny 8 mm a ve zvláštních případech pro větší tloušťky stěny. Metodiky jednotlivých zkoušek těsnosti: a, b, c, - zůstávají shodné s textem základních TPE.

4.3 Laboratorní zkoušky:

Kontrola jakosti montážních svarových spojů laboratorními zkouškami zahrnuje:

- zkoušky mechanických vlastností
- metalografické zkoušky
- zkoušky svarových spojů korozivzdorných ocelí austenitické třídy na odolnost proti mezikrystalové korozi.

Laboratorní zkoušky se provádějí na vzorcích z kontrolních svarových spojů, svařených stejným technologickým postupem a s napodobením nejobtížnějších podmínek, za kterých budou svařovány montážní svary potrubí, reprezentované kontrolním spojem; ve zvláštních případech budou použity vzorky z vyříznutých

svarových spojů potrubí. Počet kontrolních svarových spojů musí být dostatečný pro provedení laboratorních zkoušek na dvojnásobném počtu vzorků; v případě nevyhovujících výsledků zkoušek na jednotlivých vzorcích základní sady. Kontrolní svarové spoje musí být svařeny v době svařování montážních svarů potrubí, které budou reprezentovat. Všechny kontrolní spoje musí být, před rozřezáním na jednotlivé zkušební vzorky, vyzkoušeny všemi metodami nedestruktivní

defektoskopie, předepsanými dle tabulek 4 a 4-I pro reprezentované montážní svarové spoje, v plném rozsahu, s vyhodnocením dle kritérií uvedených v tabulkách 4.3-I, 4.3-II, 4.3-III a 4.3-IV, podle dané kategorie potrubí.

4.3.1 Kritéria hodnocení některých vad povrchu montážních svarových spojů potrubí

Tabulka 4.3-I, Kritéria hodnocení některých vad povrchu montážních svarových spojů potrubí. Tabulka je uvedena v příloze této práce.

Poznámka k tabulce 4.3-I:

U svarových spojů kontrolovaných prozářením a magnetickou metodou práškovou nesmí hloubka prohlubně mezi housenkami přesahovat 0,2 mm u potrubí I. a II. kategorie a 0,8mm u potrubí III. kategorie.

4.3.2-3-4 Kritéria hodnocení vnitřních objemových vad montážních svarových spojů potrubí kategorie I, II a III

Tabulka 4.3-II-III-IV, Kritéria hodnocení vnitřních objemových vad (plynových dutin, struskových a wolframových vměstků) montážních svarových spojů potrubí kategorie I,II a III jsou uvedeny v příloze této práce.

Poznámky k tabulkám 4.3-I-II-III-IV:

- I. Nejmenší vzdálenost od okraje velké objemové vady k okraji jiné objemové vady se musí rovnat nejméně pětinásobku největšího skutečného rozměru větší ze dvou posuzovaných vad. Nejmenší vzdálenost od okraje střední objemové vady k okraji libovolné jiné střední nebo malé objemové vady se musí rovnat nejméně trojnásobku největšího skutečného rozměru větší ze dvou posuzovaných vad. Vzdálenosti mezi malými objemovými vadami se nepředepisuje.
- II. Charakteristická plocha jedné vady se rovná součinu největšího lineárního rozměru dané vady a jejího rozměru v kolmém směru. Celková charakteristická plocha objemových vad se rovná součtu charakteristických ploch jednotlivých vad.
- III. Dovolující se jednotlivé místní shluky objemových vad, které mohou obsahovat malé, střední i velké vady v libovolné kombinaci za podmínky, že největší lineární rozměr shluku nepřesahuje jedenapůlnásobek hodnot dovolených pro velkou objemovou vadu. Přitom počet takových shluků nesmí přesahovat jednu třetinu dovoleného počtu objemových vad příslušné velikosti (velkých nebo středních) a charakteristická plocha každého shluku musí být zahrnuta do celkové charakteristické plochy objemových vad. Vzdálenost mezi jednotlivými vadami se nepředepisuje. Největší lineární rozměr shluku se určuje jako největší vzdálenost mezi okraji nejvíce navzájem vzdálených vad zahrnutých do shluku. Při stanovení dovolené vzdálenosti od okraje daného shluku k nejbližší vadě a také při stanovení dovoleného počtu vad se každý shluk posuzuje jako jedna objemová vada příslušné velikosti.

- IV. Za zvlášť velké struskové a wolframové objemové vměstky protáhlého tvaru se považují struskové a wolframové vměstky, jejichž největší délka přesahuje hodnoty dovolené pro velké objemové vady kruhového a protáhlého tvaru.
- V. Nejmenší vzdálenost od okraje zvlášť velkého vměstku protáhlého tvaru k okraji libovolně velké, střední nebo malé objemové vady se musí rovnat nejméně pětinásobku největšího skutečného rozměru velké, střední nebo malé vady. Nejmenší vzdálenost od okraje zvlášť velkého vměstku protáhlého tvaru k okraji nejbližší vady téhož druhu se musí rovnat nejméně trojnásobku největší skutečné délky delšího ze dvou posuzovaných vměstků.
- VI. U svarových spojů délky pod 100 mm je dovolený počet a celková charakteristická plocha vad úměrně menší. Přitom dovolený počet vad u každého druhu nesmí být menší než jeden.
- VII. Délka svarových spojů se určuje na vnějším povrchu potrubí.
- Jsou-li při těchto zkouškách objeveny nedovolené vady, musí být všechny representované svarové spoje potrubí vyzkoušeny v rozsahu 100% tou defektoskopickou metodou, kterou byly nalezeny vady na kontrolním svarovém spoji (pokud tak již nebylo učiněno při předepsané 100% kontrole, viz tabulky (4, 4-I). Minimální počty kontrolních svarových spojů pro provedení laboratorních zkoušek:
- a) u svarových spojů potrubí nad Js 100 o tloušťce stěny 12mm a více – minimálně 1 spoj svařený jedním ze svářečů (nebo dvěma současně proti sobě) u svarů potrubí zkoušených v rozsahu 100% prozařováním a nebo ultrazvukem.
 - minimálně 1 spoj zvlášť pro každého svářeče u svarů potrubí zkoušených v menším rozsahu jak 100% prozařováním a nebo ultrazvukem.
 - b) u svarových spojů potrubí do Js 100 o tloušťce stěny do 12mm:
 - minimálně 1 spoj zvlášť pro každého svářeče u svarů potrubí zkoušených v rozsahu 100% prozařováním a nebo ultrazvukem, na zkoušku zmáčknutím.
 - minimálně 2 spoje zvlášť pro každého svářeče u svarů zkoušených v menším rozsahu jak 100% prozařováním a nebo ultrazvukem – 1 spoj pro zkoušku zmáčknutím, - 1 spoj pro metalografické zkoušky a zkoušku tahem.

Poznámka:

U kontrolních svarových spojů trub z austenitické korozi-vzdorné oceli se namísto mechanických zkoušek zkouší odolnost proti mezikrystalové korozi. Ve zvláštních případech, kdy je požadována i zkouška mechanických vlastností, musí to být uvedeno v projektu a v montážních výkresech, počet kontrolních spojů musí být potom patřičně zvýšen.

4.3.5 Radioaktivní izotopy doporučené jako vhodné zdroje pro prozařování

Tabulka 4.3-V:

Radioaktivní izotopy doporučené jako vhodné zdroje pro prozařování.

Tloušťka prozařovaného kovu [mm]	Doporučený izotop	Dovolená náhrada
do 4,9	thulium 170	ytterbium 169
5 ÷ 15	thulium 170	ytterbium 169 selen 75 iridium 192
15 ÷ 25	selen 75	iridium 192
25 ÷ 50	iridium 192	cesium 137
50 ÷ 70	iridium 192	cesium 137
70 ÷ 100	cesium 137	kobalt 60

Poznámka k tabulce 4.3-V:

Náhradní použití iridia 192 pro prozařování tloušťky 5 ÷ 8 mm se podmiňuje použitím filmů D4 nebo lepších v kombinaci s Pb foliemi o maximální tloušťce 0,1 mm a použitím vyvolávacích prostředků dle doporučení výrobce filmového materiálu. Způsob snímkování B dle ČSN 015010.

- 8) stupeň čistoty vnitřních povrchů potrubí (dle TPE 10-40/1586/78) s uvedením fáze vzniku, kdy bude tohoto stupně čistoty dosaženo, způsob ochrany čistoty – případně způsob pasivace povrchů (u nekorozivzdorných materiálů).
- 9) Náplň dokumentace uvedená v čl. 3, 4, 5 musí být přezkoušena a schválena svářecím technikem finálního dodavatele (podpis a datum schválení).

10) Jestliže se ve smontovaných okruzích vyskytuje vybrané zařízení ve smyslu výnosu č. 5 ČSKAE – podle seznamu vybraných zařízení, vypracovaného EGP a schváleného ČSKAE, musí být před realizací vypracován “Individuální program zajištění jakosti,,.

11) V dokumentaci pro montážní svařování potrubí musí být dodrženy tyto zásady svařované konstrukce:

- a) používat výhradně tupé svarové spoje, - koutové svarové spoje je možno použít pouze v kombinaci s tupým svarovým spojem,
- b) svarové spoje musí být umístěny mimo místa koncentrace namáhání, místa průchodu stěnou, uložení potrubí a chyby, při dodržení minimální vzdálenosti svaru od okraje ohybu nebo uložení 100 mm (u trubek $D < 100$ mm – minimálně D),
- c) počet svarových spojů musí být co nejmenší a při jejich umístování musí být dbáno na montážní i kontrolní přístupnost – minimální vzdálenost dvou svarových spojů

$$L = 1,5 \sqrt{(D - t) \cdot t} \quad \text{minimálně } 100 \text{ mm},$$

- d) odbočky potrubí mohou být provedeny vyvařením předvyrobených dílů (kovaných, litých s kovanými nástavci a svařovaných), - jestliže odbočující potrubí má světlost 30% a menší světlosti hlavního potrubí je možno odbočení provést vyvařením kovaného nátrubku,
- e) nízkotlaké potrubí ($p < 1$ MPa) velkých průměrů ($D > 350$ mm) vyrobené z podélně svařovaných trub, musí být konstruováno tak, aby ve svarovém spoji těchto trub byly podélné svarové spoje jednotlivých dílů přesazeny minimálně o 100 mm – u těchto trub je dovoleno přivařování odboček bez předvyrobených dílů nebo nátrubků,
- f) pro svaření potrubí z různorodých materiálů je nutno použít předvyrobeného dílu svařeného z různorodých materiálů nebo perlitické trubky s austenitickým návarem svarových ploch,

- g) tvary a rozměry svarových ploch jsou doporučeny v tabulkách T11-1, T11-2, T11-3, které jsou součástí přílohy; pro styková místa různých dodavatelů, hrdla armatur a zařízení jsou tyto návarové plochy závazné, na jiných místech může dodavatel použít tvary a rozměry návarových ploch, na které je zaveden a dosahuje s nimi plně vyhovujících výsledků,
- h) je nepřípustné používat svary s podložnými kroužky a zámkovými stykovými plochami,
- i) tam, kde je třeba zavést předpětí ve studeném stavu, musí být udána vůle v nezátíženém stavu před svařením.

5 Úprava a oprava svarů u elektráren typu – VVER 440

- 1) Po dokončení svaru musí být svar označen dle zásad uvedených v článku 5.1 (Značení, evidence a dokumentace svarů). Značení se provádí na štítcích velikosti "A" nebo "B" dle tabulky 5.1, která je uvedena v příloze této práce.
- 2) Mechanické opracování převýšení svaru se provádí v případech, kdy byly vizuální kontrolou zjištěny defekty převyšující dovolená kritéria v tabulce 4.3-I, nebo při přípravě povrchu pro provedení zkoušky na povrchové necelistvosti dle článku 5.2 (Zkouška povrchu svaru na povrchové necelistvosti), přičemž musí být dodržen plynulý přechod všech nerovností. Větší vady musí být opraveny zavařením. Dle jednotlivých kategorií potrubí nesmí strmost přechodů překročit tyto mezní úhly:

15° - I. kategorie

20° - II. A kategorie

25° - II. B kategorie

Na potrubí o tloušťce stěny do 3 mm, kde jsou povoleny úlevy v hodnocení hubeného kořene, je možno vyrovnat úbytek tloušťky stěny zvětšením převýšení svaru a překročit uvedené strmosti přechodů v tomto směru o 50%.

- 3) Oprava zjištěných vad svarových spojů musí být prováděna podle technologických návodů vypracovaných montážní organizací. Odstranění vadných míst musí být provedeno mechanickým způsobem (frézování, broušení, vysekání apod.). Úhly vytvořených úkosů po odstraněných vadách musí umožnit spolehlivý průvar ve všech místech odebraného kovu. Povrch materiálu v místě odebraného kovu nesmí mít ostré úhly a otřepy. Při zavařování vadných míst musí být splněny všechny podmínky dané těmito TPE. Jestliže při kontrole celistvosti opraveného místa budou znovu zjištěny nepřijatelné vady, provede se opakovaná oprava stejným postupem jako při první opravě. Při zjištění nepřijatelných vad v místě opakované druhé opravy rozhoduje o možnosti a způsobu další (třetí) opravy hlavní technolog svařování společně s vedoucím oddělení řízení jakosti dodavatele montáže. Možnost dalších opakovaných oprav svarového spoje musí být projednán s autorizovanými pracovišti (VÚZ Bratislava a SVÚM Praha).

5.1 Značení, evidence a dokumentace svárů:

Značení, evidence a dokumentace svarových spojů kategorie IIB a IIIC pracujících při přetlaku pracovní látky do 0,07 MPa se neprovádí. Všechny svarové spoje potrubí, pracující při vyšším přetlaku pracovní látky, musí být ihned po dohotovení označeny evidenčním štítkem, který svářeč přistěhuje vedle svaru, jak je znázorněno v tabulce 5.1 (Označení svarů štítkem). Na tento štítek vyrazí svářeč (svářeči) svoje evidenční číslo nebo značku (čísla nebo značky) a evidenční číslo svaru. Evidenční

číslo svaru vydá svářečí technik dle projektu (označení potrubní větve lomené číslem svaru) a vyznačí umístění svaru v kolaudačním výkresu potrubí (dispozice nebo axonometrické schéma s okótováním). Po provedení defektoskopického vyzkoušení vyrazí defektoskopičti pracovníci svoje značky na štítek.

Poznámka:

Při stehování štítu na potrubí je nutno postupovat tak, aby nebylo poškozeno potrubí. Tam, kde technologická instrukce zakazuje stehování na potrubí, vyražejí se značky přímo na potrubí ve stejném umístění a sestavě jako na štítu. U potrubí o tloušťce stěny do 3 mm je možno v odůvodněných případech upevnit štítky jiným způsobem (např. vázacím drátem) – ražení značek se v tomto případě provádí mimo potrubí na podložce. Pro upevnění drátem se ve štítu na vhodných místech vyvrtají dva otvory $\varnothing 2$ mm, jimiž se provlékne vázací drát $\varnothing 1$ mm, který musí být z materiálu odolávajícího danému koroznímu prostředí. Stažení drátu nesmí dovolit posun štítu po potrubí.

5.2 Zkouška povrchu svaru na povrchové necelistvosti:

Zkouší se povrch svaru a přilehlý základní materiál po celém obvodu potrubí na obě strany od okraje svaru v závislosti na tloušťce stěny trubky "t" do vzdálenosti "v" takto: $t < 5 \text{ mm} - v = 5 \text{ mm}$

$$t = 5 + 10 \text{ mm} - v = 10 \text{ mm}$$

$$t > 10 \text{ mm} - v = 20 \text{ mm}.$$

a) Zkouška magnetická:

Zkouší se magnetické materiály (perlitické) magnetickou metodou práškovou dle ČSN 015015. Citlivost použití metody musí být taková, aby ve všech zkoušených místech bylo dosaženo výrazné indikace na klínové měrce dle ČSN 015015. Minimálně musí být viditelných 5 příčných drážek klínové měrky a nebo tomu odpovídající délka podélné drážky klínové měrky. Pro zabezpečení dostatečné citlivosti metody musí být zkoušený povrch upraven na drsnost max. $R_a = 3,2 \text{ } \mu\text{m}$ dle ČSN 014450.

b) Zkouška kapilární:

Zkouší se kapilární metodou dle ČSN 015016. Při zkoušení austenitických materiálů nesmí být v použitých indikačních prostředcích obsah síry a halogenů vyšší než 1%. Pro zabezpečení dostatečné citlivosti metody musí být zkoušený povrch upraven na drsnost max. $R_a = 3,2 \text{ } \mu\text{m}$ dle ČSN 014450.

6 Srovnání hodnocení svarových spojů v jaderné energetice podle platných evropských a ruských předpisů a norem

Srovnání hodnocení svarových spojů v jaderné energetice podle platných evropských a ruských předpisů a norem je provedeno pomocí srovnávacích tabulek. Porovnávat se zde budou požadavky na dokumentaci při zhotovení, stejně tak při opravě svarového spojení podle platných norem.

6.1 Požadavky na dokumentaci výrobních a montážních svarů dle ČSN EN ISO a TPE

Základní srovnání těchto dvou předpisů sloužících k hodnocení svarových spojů v jaderné energetice je uspořádáno do tabulky **6.1...**(Požadavky na dokumentaci výrobních a montážních svarů dle ČSN EN ISO a TPE), která je součástí přílohy této práce.

6.2 Kvalifikace oprav svarových spojů a návarů dle NTD a TPE

Tabulka **6.2...**(Kvalifikace oprav svarových spojů a návarů dle NTD a TPE), která se zabývá problematikou dokumentace opravovaných úseků vadných svarových spojů a jejich kvalifikací.

Poznámka k tabulkám 6.1, 6.2:

Srovnání jednotlivých úkonů nutných k správné dokumentaci provedení nebo opravy svarového spojení podle jednotlivých předpisů a norem je seřazeno v tabulkách tak aby jednotlivé požadavky byly k sobě přiřazeny významově co nejblíže. Rozdílné požadavky jsou v tabulce vždy uvedeny samostatně.

7 Závěr

Předmětem této práce byl rozbor evropských a ruských norem a dokumentů, které slouží zejména k prováděcí dokumentaci prováděného, nebo opravovaného svarového spojení v jaderné energetice. V práci jsou uvedeny jednotlivé body, které musí obsahovat jak výrobní dokumentace, tak dokumentace při opravě svarových spojů, včetně jednotlivých zkoušek, které jsou nezbytnou součástí těchto dokumentů. Rozsáhlou částí práce je také problematika týkající se hodnocení poruch svarových spojení a kritéria pro jejich odstranění včetně přípustnosti při opakovaných opravách u svařovaných zařízení v jaderné energetice.

Výsledkem práce je srovnání jednotlivých požadavků, které jsou kladeny jak na výrobní a montážní svary, tak na svary opravované a na jejich prováděcí dokumentace. K porovnání byly vytvořeny tabulky 6.1 a 6.2, které vypovídají o částečné podobnosti požadavků kladených na výrobní a opravárenskou dokumentaci u svařování v jaderné energetice podle evropského předpisu NTD, který je závislý na ČSN EN ISO a ruského předpisu TPE. Závěrem chci dodat že nejsem schopen zhodnotit, který z výše uvedených předpisů je vhodnější, (lepší), k použití pro svařování zařízení v jaderné energetice, z uvedených informací se pouze domnívám že oba tyto předpisy jsou dostačující pro svařování zařízení v jaderné energetice.

8 Použitá literatura

- [1] NTD A.S.I. Svařování zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, Vydáno v Ostravě, květen 2007
- [2] Kvalifikace svářečského inspekčního personálu, ČSN EN ISO 14731 a ČSN EN ISO 3834
- [3] ČSN EN ISO 15614-1., Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Zkouška postupu svařování – Část 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu.
- [4] Koukal, J., Zmydlený, T. Svařování. VŠB-TU Ostrava, 2005.
- [5] Hotěk, V., Ing. Kožíšek, J., Ing. Karlach, J., TPE 10-40/1771/81, Všeobecné technické podmínky pro montážní svařování potrubí elektráren typu – VVER 440.

Seznam příloh

Tabulka 4.3-I, str. 45.

(Kritéria hodnocení některých vad povrchu montážních svarových spojů potrubí)

Tabulka 4.3-II, str.46.

(Kritéria hodnocení vnitřních objemových vad (plynových dutin, struskových a wolframových vměstků) montážních svarových spojů potrubí kategorie I)

Tabulka 4.3-III, str.47.

(Kritéria hodnocení vnitřních objemových vad (plynových dutin, struskových a wolframových vměstků) montážních svarových spojů potrubí kategorie II)

Tabulka 4.3-IV, str. 48.

(Kritéria hodnocení vnitřních objemových vad (plynových dutin, struskových a wolframových vměstků) montážních svarových spojů potrubí kategorie III)

Tabulka T11-3, str. 49.

(Tvary svarových ploch hrdel trub z materiálu TR. 17 (tabulka d₀))

Tabulka 6.1, str. 50-51.

(Požadavky na dokumentaci výrobních a montážních svarů dle ČSN EN ISO a TPE)

Tabulka 6.2, str. 52.

(Kvalifikace oprav svarových spojů a návarů dle NTD a TPE)

Seznam výkresové dokumentace

Obr.1 (Pravouhelník ABCD)

Obr.2 (Tvary a minimální rozměry zkušebních kusů - Tupý spoj na plechu s plným průvarem)

Obr.3 (Tvary a minimální rozměry zkušebních kusů - Tupý spoj na trubce s plným průvarem)

Obr.4 (Tvary a minimální rozměry zkušebních kusů - T-spoj)

Obr.5 (Tvary a minimální rozměry zkušebních kusů - Přípoj odbočky)

Obr.6 (Umístění a odběr zkušebních vzorků - pro tupý spoj na plechu)

Obr.7 (Umístění a odběr zkušebních vzorků - pro tupý spoj na trubce)

Obr.8 (Umístění a odběr zkušebních vzorků - pro T - spoj)

Obr.9 (Umístění a odběr zkušebních vzorků - pro přípoj odbočky nebo pro koutový svár na trubce)

Tabulka T11-1 (Tvary a rozměry svarových ploch - Tvary svarových ploch hrdel, trub z materiálu tř. 11 a 12 dle ČSN 131070)

Tabulka T11-2 (Tvary a rozměry svarových ploch - Tvary svarových ploch hrdel, trub z materiálu tř. 17)

Tabulka 5.1 (Značení, evidence a dokumentace svarů - Označení svaru štítkem)

Tabulka 4.3-I, Kritéria hodnocení některých vad povrchu montážních svarových spojů potrubí:

Druh vady	kategorie svarového spoje	tloušťka stěny svařeného potrubí [mm]	největší stěny svařeného potrubí [mm]	největší dovolený počet vad na 100mm délky svaru [ks]
Objemové vady kruhového nebo protáhlého tvaru	I.	do 10 10, 1-14, 9 15, 0-39, 5	- 1,0 1,2	- 3 4
	II, III A	do 5,0 5,1-7,5 7,6-10,0 10,1-14,9 15,0-39,5	- 0,8 1,0 1,2 1,5	- 3 4 4 5
	III B, III C,	do 2,5 2,6-3,5 3,6-5,0 5,1-7,5 7,6-10,0 10,1-14,9 15,0-39,5	- 0,6 0,8 1,0 1,2 1,5 1,8	- 4 4 5 5 5 6
Prohlubně mezi housenkami a šupinatá struktura povrchu (s plynulým přechodem do základního materiálu)	I, II	do 15 nad 15	0,5 ^x 1,0 ^x	Neomezuje se
	III	do 15 nad 15	1,5 ^x 2,0 ^x	Neomezuje se
Neprovařený kořen	I, II, III A III B, III C	Neomezeně Neomezeně	Nedovolené 10% tloušťky stěny max. 2mm	- 20% délky
Hubený kořen svaru	I, II, III A	do 3 3-8 nad 8	0,6 0,9 0,15 tl. max. 1,6 vyrovnáno převýšením svaru o 1mm zvětšeným	Neomezuje se
	III B, III C	do 3 3-8 nad 8	0,9 1,3 0,22 tl. max. 2,4 vyrovnáno převýšením svaru o 1mm zvětšeným	Neomezuje se
Souvislé nebo přerušované převýšení kořene	I, II, III	Js do 25 Js nad 25 do 150 Js nad 150	1,5 2,0 - 2,5	Neomezuje se

Tabulka 4.3-II, Kritéria hodnocení vnitřních objemových vad (plynových dutin, struskových a wolframových vměstků) montážních svarových spojů potrubí kategorie I:

Jmenovitá tloušťka stěny potrubí	Velké, střední a malé vady kruhového a protáhlého tvaru							Zvlášť velké struskové a wolframové vměstky protáhlého tvaru		
	Největší dovolený rozměr vady [mm]			Největší dovolený počet vad na 100mm délky svaru [ks]			Největší dovolená celková charakteristická plocha velkých, středních a malých vad na 100mm délky svaru [mm ²]	Dovolený největší rozměr vměstku [mm]		Největší dovolený počet vměstků na 100mm délky svaru [ks]
	Velké	střední	malé	Velkých	velkých a středních celkem	Velkých středních a malých celkem		Největší délka	Největší šířka	
2	0,3	0,2	0,1	3	8	10	0,48	3	0,3	1
2,5	0,4	0,3	0,1	3	8	10	0,95	3	0,4	1
3÷3,5	0,5	0,4	0,1	3	8	10	1,55	3	0,4	1
4	0,6	0,4	0,2	3	8	10	1,95	3	0,5	1
4,5÷5	0,7	0,5	0,2	3	8	11	2,8	3	0,6	1
6	0,8	0,6	0,2	3	8	11	3,8	3,1	0,7	1
7	1	0,7	0,3	3	8	11	5,7	3,3	0,9	1
8	1,1	0,8	0,3	3	8	11	6,8	3,4	1	1
9	1,2	0,8	0,3	3	8	11	7,6	3,5	1,1	1
10	1,3	0,9	0,3	3	9	12	8,4	3,6	1,2	1
11	1,4	1	0,4	3	9	12	9,2	3,7	1,3	1
12	1,5	1,1	0,4	3	9	12	10	3,8	1,3	1
13÷14	1,6	1,1	0,4	3	9	12	11,2	3,9	1,4	1
15÷17	1,8	1,3	0,5	4	9	13	13	4,1	1,6	1
18÷19	2	1,4	0,5	4	9	13	15	4,4	1,8	1
20÷24	2,2	1,5	0,5	4	10	14	18	4,8	2	1
25÷29	2,4	1,7	0,6	4	10	15	22	5,5	2,2	2
30÷34	2,6	1,8	0,6	4	11	16	26	6,5	2,3	2
35÷39	2,8	2	0,7	4	11	17	30	7,5	2,5	2

Tabulka 4.3-III, Kritéria hodnocení vnitřních objemových vad (plynových dutin, struskových a wolframových vměstků) montážních svarových spojů potrubí kategorie II:

Jmenovitá tloušťka stěny potrubí	Velké, střední a malé vady kruhového a protáhlého tvaru							Zvlášť velké struskové a wolframové vměstky protáhlého tvaru		
	Největší dovolený rozměr vady [mm]			Největší dovolený počet vad na 100mm délky svaru [ks]			Největší dovolená celková charakteristická plocha velkých, středních a malých vad na 100mm délky svaru [mm ²]	Dovolенý největší rozměr vměstku [mm]		Největší dovolený počet vměstků na 100mm délky svaru [ks]
	Velké	střední	malé	Velkých	velkých a středních celkem	Velkých středních a malých celkem		Největší délka	Největší šířka	
2	0,4	0,3	0,1	4	9	11	1,1	4	0,4	1
2,5	0,5	0,4	0,1	4	9	11	1,8	4	0,4	1
3÷3,5	0,6	0,4	0,2	4	9	11	2,3	4	0,5	1
4	0,7	0,5	0,2	4	9	11	3,2	4	0,6	1
4,5÷5	0,8	0,6	0,2	4	9	12	4,2	4	0,7	1
6	1	0,7	0,3	4	10	12	5,5	4,1	0,9	2
7	1,1	0,8	0,3	4	10	12	6,2	4,2	1	2
8	1,2	0,8	0,3	4	10	12	7	4,3	1,1	2
9	1,4	1	0,4	4	10	13	8,4	4,4	1,3	2
10	1,5	1,1	0,4	4	10	13	9,1	4,5	1,3	2
11÷12	1,6	1,1	0,4	4	10	13	10,3	4,6	1,4	2
13÷14	1,8	1,3	0,5	4	11	14	11,9	4,8	1,6	2
15	2	1,4	0,5	5	11	14	13,5	5	1,8	2
16÷17	2,2	1,5	0,5	5	11	15	15,2	5,2	2	2
18÷19	2,4	1,7	0,6	5	11	15	17	5,4	2,2	2
20÷24	2,6	1,8	0,6	5	12	16	20	5,8	2,3	2
25÷29	2,8	2	0,7	5	12	17	24,5	6,6	2,5	2
30÷34	3	2,1	0,7	5	13	18	29	7,8	2,7	2
35÷39	3,2	2,2	0,8	5	13	19	33,5	9	2,9	2

Tabulka 4.3-IV, Kritéria hodnocení vnitřních objemových vad (plynových dutin, struskových a wolframových vměstků) montážních svarových spojů potrubí kategorie III:

Jmenovitá tloušťka stěny potrubí	Velké, střední a malé vady kruhového a protáhlého tvaru							Zvlášť velké struskové a wolframové vměstky protáhlého tvaru		
	Největší dovolený rozměr vady [mm]			Největší dovolený počet vad na 100mm délky svaru [ks]			Největší dovolená celková charakteristická plocha velkých, středních a malých vad na 100mm délky svaru [mm ²]	Dovolený největší rozměr vměstku [mm]		Největší dovolený počet vměstků na 100mm délky svaru [ks]
	Velké	střední	malé	Velkých	velkých a středních celkem	Velkých středních a malých celkem		Největší délka	Největší šířka	
2	0,5	0,4	0,1	5	10	12	2	5	0,4	2
2,5	0,6	0,4	0,2	5	10	12	2,6	5	0,5	2
3÷3,5	0,7	0,5	0,2	5	10	12	3,2	5	0,6	2
4	0,8	0,6	0,2	5	10	13	3,8	5	0,7	2
4,5	0,9	0,6	0,2	5	10	13	4,4	5	0,8	2
5	1	0,7	0,3	5	11	13	5,1	5	0,9	2
6	1,1	0,8	0,3	5	11	13	5,8	5,1	1	3
7	1,3	0,9	0,3	5	11	14	7,2	5,2	1,2	3
8	1,4	1	0,4	5	11	14	7,9	5,3	1,3	3
9÷10	1,6	1,1	0,4	5	12	15	9,7	5,5	1,4	3
11	1,8	1,3	0,5	5	12	15	11,2	5,6	1,6	3
12÷13	2	1,4	0,5	5	12	15	12,7	5,8	1,8	3
14	2,2	1,5	0,5	5	12	16	14,2	5,9	2	3
15÷16	2,4	1,7	0,6	6	13	16	15,7	6,1	2,2	3
17	2,6	1,8	0,6	6	13	17	17,2	6,2	2,3	3
18÷19	2,8	2	0,7	6	13	17	18,9	6,4	2,5	3
20÷24	3	2,1	0,7	6	14	18	22	6,8	2,7	3
25÷29	3,2	2,2	0,8	6	14	19	27	7,7	2,9	3
30÷34	3,4	2,4	0,8	6	15	20	32	9,1	3,1	3
35÷39	3,6	2,5	0,9	6	15	21	37	10,5	3,2	3

- Bakalářská práce -
Návrh na ověření vlastností svarových spojů používaných v jaderné energetice

TVARY SVAROVÝCH PLOCH HRDEL TRUB Z MATERIÁLU TŘ. 17 (TABULKA d ₀)					Tabulka: T11-3	
J _S	J _t	D	t	t _{min}	d	d ₀
6	160	10	2	1,4	6	
10	160	14	2	1,7	10	10,3
15	67	22	2	1,4	18	18,3
	100		2,5	1,6	17	17,6
	160		3	2,2	16	16,5
25	64	32	2	1,65	28	28,4
	100		3	2,15	26	26,6
	160		3,5	2,95	25	25,5
40	64	44,5	3	2	38,5	39
	100		3,5	2,65	37,5	38
	160		5	3,9	34,5	35
50	40	57	3	1,7	51	51,5
	64		3,5	2,3	50	50,6
	100		4	3,25	49	49,6
	160		6	4,9	45	46
65	40	76	3	2,1	70	70,6
	64		4	2,9	68	68,8
	100		6	4,25	64	65
	160		8	6,3	60	61
80	40	89	4	2,3	81	81,8
	64		4,5	3,3	80	81
	100		6	4,9	77	78
	160		9	7,35	71	72
100	40	108	4	2,7	100	100,6
	64		5	4	98	99
	100		7	5,9	94	95
	160		10	8,5	88	89
125	40	133	5	3,2	123	123,3
	64		6	4,8	121	122
	100		9	7,2	115	116
	160		13	10,7	107	109
150	40	159	5	3,7	149	149,5
	64		6	4,6	147	147,5
	100		10	8,4	139	140
	160		16	12,8	127	129
Pro světlosti nad J _S 150 určí d ₀ individuálně dodavatel dle základních rozměrů a tolerancí dodaných trub.						

Tabulka: 6.1

Požadavky na dokumentaci výrobních a montážních svarů dle ČSN EN ISO a TPE		
Pořadí	Dokumentace dle ČSN EN ISO 3834, musí obsahovat	Dokumentace dle TPE 10-40/1771/81, musí obsahovat
1	TP svařování s přiřazením příslušných WPS	TP svařování, případně údaje v souvisejících normách a dílčích technických podmínkách pro svařování příslušného potrubí
2	seznam pracovníků svářečského dozoru	náplň dokumentace musí být přezkoušena a schválena svářečím technikem finálního dodavatele (podpis a datum schválení)
3	doklady použitých základních materiálů vč. atestů	materiál svařovaných dílů potrubí a přídatný materiál (značky)
	doklady použitých přídatných materiálů vč. atestů	
4	plán kontrol a zkoušek, je-li zvláštním dokumentem	přiřazení druhu a rozsahu defektoskopických zkoušek v případech, kdy se tyto liší od základního předpisu daného kategorií potrubí
	snímky kontrol prozářením	
5	příslušné specifikace svařovacích postupů (WPS)	druh (značka) a rozměr svarů
6	záznamové listy svarů	v dokumentaci pro montážní svařování potrubí musí být dodrženy zásady svařované konstrukce jak je uvedeno v kapitole 4, čl. 11 této práce
Dokumentace dle TPE 10-40/1771/81, dále obsahuje tyto uvedené podmínky, které se liší svojí podstatou od ČSN EN ISO 3834.		
		pracovní látka, která bude protékat potrubím za provozu, její složení, aktivita a agresivita
		parametry pracovní látky (tlak, teplota)
		pracovní kategorie svarových spojů potrubí
		stupeň čistoty vnitřních povrchů potrubí s uvedením fáze vzniku, kdy bude tohoto stupně čistoty dosaženo, způsob ochrany čistoty - případně způsob pasivace povrchů (u nekorozivních materiálů)
		jestliže se ve smontovaných okruzích vyskytuje vybrané zařízení ve smyslu výnosu č. 5 ČSKAE-podle seznamu vybraných zařízení, vypracovaného EGP a schváleného ČSKAE, musí být před realizací vypracován "Individuální program zajištění jakosti,,

Dokumentace dle ČSN EN ISO 3834, dále obsahuje tyto uvedené podmínky, které se liší svojí podstatou od TPE 10-40/1771/81.	seznam svářečů/operátorů a jimi provedených svarů
	seznam personálu přehřevu, dohřevu a tepelného zpracování a jimi provedených svarů
	skutečné umístění svarů (izometrická schémata potrubních tras aj.)
	záznamy přehřevu, dohřevu a tepelného zpracování
	protokoly kontrol kvality svarů
	záznamy o neshodách
	záznamy o odstranění neshod vč. protokolů opakovaných kontrol kvality
	seznam pracovníků kontroly kvality

Tabulka: 6.2

Kvalifikace oprav svarových spojů a návarů dle NTD a TPE		
Pořadí	Kvalifikace WPS oprav svarových spojů a návarů dle NTD ASI-I-Z-5/07, obsahuje	Úprava a oprava svarů u elektráren typu - VVER 440 dle TPE 10-40/1771/81, obsahuje
1	Způsob odstranění vadných úseků svarů	Oprava zajištěných vad svarových spojů musí být prováděna podle technologických návodů vypracovaných montážní organizací
2	Způsob čištění	
3	Kontrola kvality připravených úseků včetně rozsahu, metody a kritérií (např. vizuální kontrola; kapilární kontrola; magnetická kontrola aj.)	Zkouška povrchu svaru na povrchové necelistvosti tehdy kdy byly vizuální kontrolou zjištěny defekty převyšující dovolené kritéria
4	Způsob provedení svaru	
5	Rozsah metody a kritéria kvality pro kontrolu opravených úseků svaru	
6	Postup v případě opakovaného zjištění nepřipustných vad	Jestliže při kontrole celistvosti opravovaného místa budou zjištěny nepřipustné vady, provede se opakovaná oprava stejným postupem jako při první opravě
7		Při zjištění nepřipustných vad v místě opakované druhé opravy rozhoduje o možnosti a způsobu další (třetí) opravy hlavní technolog svařování společně s vedoucím oddělení řízení jakosti dodavatele montáže
8		Možnost dalších opakovaných oprav svarového spoje musí být projednána s autorizovanými pracovišti (VÚZ Bratislava a SVÚM Praha)